

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-162346

(43)Date of publication of application : 07.06.2002

(51)Int.Cl.

G01N 21/27  
G01N 21/05  
G02B 1/10  
G02B 5/18  
G02B 6/12

(21)Application number : 2000-355354

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>  
NTT ADVANCED TECHNOLOGY  
CORP

(22)Date of filing : 22.11.2000

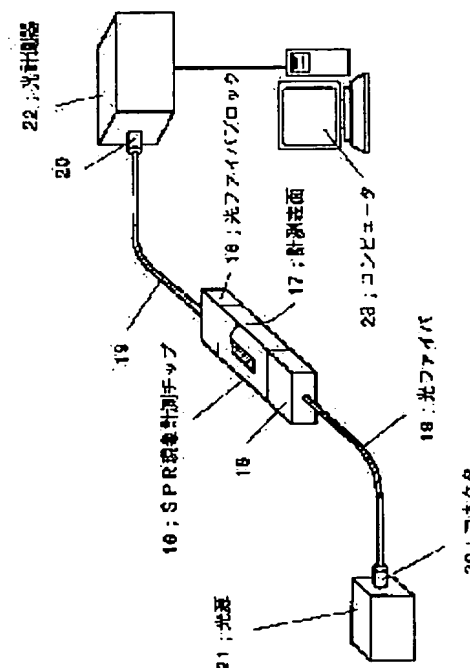
(72)Inventor : IWASAKI GEN  
NIWA OSAMU  
HORIUCHI TSUTOMU  
HIDA TATSUYA  
TABEI HISAO  
IMAMURA SABURO

## (54) LIGHT WAVEGUIDE TYPE SPR PHENOMENON MEASURING APPARATUS

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a SPR phenomenon measuring chip, which is small and convenient for replacement, by using a technology for making a light waveguide, and a SPR phenomenon measuring apparatus in which a light source and a light measuring instrument are connected to the chip by a simple method.

SOLUTION: The light waveguide type SPR phenomenon measuring apparatus has the light waveguide type SPR phenomenon measuring chip 16 comprising a metal thin film directly and at least, partially contacting a core of the light waveguide, the light source 21 for radiating a light; and a light measuring instrument 22 for measuring the radiated light. A number of the waveguide cores can be made on a single chip, branched on the way, provided with a diffraction grating and various functions by using the technology for making the light waveguide. Since the SPR



phenomenon measuring chip can be inexpensively made in large quantities, various SPR phenomenon measuring apparatuses can be inexpensively and easily manufactured.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.04.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3576093

[Date of registration] 16.07.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-162346

(P2002-162346A)

(43) 公開日 平成14年6月7日(2002.6.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 1 N 21/27		G 0 1 N 21/27	C 2 G 0 5 7
21/05		21/05	2 G 0 5 9
G 0 2 B 1/10		G 0 2 B 5/18	2 H 0 4 7
5/18		1/10	Z 2 H 0 4 9
6/12		6/12	Z 2 K 0 0 9
審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-355354(P2000-355354)

(22) 出願日 平成12年11月22日(2000.11.22)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(71) 出願人 000102739

エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー株式会社

東京都新宿区西新宿二丁目1番1号

(72) 発明者 岩崎 弦

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100082717

弁理士 雨宮 正季

最終頁に続く

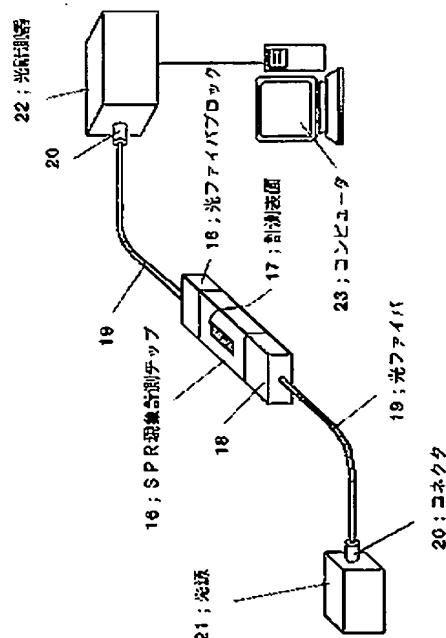
(54) 【発明の名称】 光導波路型SPR現象測定装置

(57) 【要約】

【課題】光導波路作製技術を用いて、小型で交換の便利なSPR現象計測チップを提供し、このSPR現象計測チップに光源、光計測器を簡便な方法により接続したSPR現象測定装置を提供する。

【解決手段】光導波路と、前記光導波路のコアに少なくとも一部が直接接する金属薄膜を光導波路型SPR現象計測チップ16と、光を入射するための光源21と、出射された光を計測するための光計測器22とを有する。

【効果】光導波路作製技術を用いれば、導波路コアを一つのチップ上に多数作製したり、途中で分岐したり、回折格子を設けたりと様々な機能を持たせることができ、それらのSPR現象計測チップを安価で多量に作製することが可能であるで、種々のSPR現象測定装置を安価に、容易に製造可能である。



(2)

特開2002-162346

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 コアと前記コアの周囲に設けられたクラッドとを備え、前記コアは前記クラッドより高い屈折率を有し、前記コアに入射した光を閉じ込めて伝播する光導波路と、前記コアに少なくとも一部が直接接触し、かつ表面プラズモン共鳴現象を起こす金属薄膜であって、前記コアを伝播する光を計測することによって表面プラズモン共鳴現象を測定される試料が接触するように設けられる前記金属薄膜とを備えた光導波路型SPR現象計測チップと、光を入射するための光源と、出射された光を計測するための光計測器と、前記光源と前記光導波路型SPR現象計測チップの光導波路と前記光計測器とを光学接続するための光学接続手段を有することを特徴とする光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項2】 前記光導波路型SPR現象計測チップと前記光源と前記光計測器は光ファイバで光学接続されていることを特徴とする請求項1記載の光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項3】 前記光導波路型SPR現象計測チップは、クラッド中に複数のコアを有する、複数の光導波路を備えていることを特徴とする請求項1または2記載の光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項4】 円板状の前記光導波路型SPR現象計測チップの半径方向に複数の光導波路と、それぞれの光導波路のコアと接触するような前記金属薄膜とを設け、その中心に45°の角度で逆すり鉢状の凹穴を設けるとともに、前記逆すり鉢状の凹穴の縁部に前記光源よりの光を入力し、半径方向に伸びる前記光導波路のコアが光を導光し出射するようになっている前記光導波路型SPR現象計測チップが回転可能な基板上に設けられており、それぞれの光導波路よりの出射光が前記基板の回転により前記光計測器でそれぞれ計測可能になっていることを特徴とする請求項1から3記載のいずれかの光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項5】 前記光ファイバは、3次元のx、y、z軸とそれぞれの軸について回転方向に移動できる6軸移動可能な光ファイバ固定治具によって固定されており、前記光導波路型SPR現象計測チップはx軸を移動可能な固定治具によって固定されて、前記光ファイバの光軸と、前記光導波路型SPR現象計測チップの光導波路の光軸が一致可能にしていることを特徴とする請求項1から3記載のいずれかの光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項6】 複数の光導波路とそれぞれの光導波路に接触するように設けられた金属薄膜を有する光導波路型SPR現象計測チップの所定の前記光導波路のコアに光を入射可能なスイッチング機能を有するスイッチ光導波路を、前記光源と光導波路型SPR現象計測チップ間に設けたことを特徴とする請求項1から3記載のいずれかの光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項7】 複数の光導波路とそれぞれの光導波路に

接触するように設けられた金属薄膜を有する光導波路型SPR現象計測チップよりの出射光を集光し、前記光計測器に導光する分岐光導波路を、前記光導波路型SPR現象計測チップと光計測器間に設けたことを特徴とする請求項6記載の光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項8】 前記光導波路型SPR現象計測チップの光導波路のコアは、その伸長方向に対し45°の角度に形成された端面を有し、前記光導波路のコアの伸長方向から90°の方向より前記45°に形成された前記コアの端面に光を入射し、前記コアに光を導光させることを特徴とする請求項1から7記載の光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項9】 前記コアより出射する端面は、前記コアの伸長方向に対し45°の角度に形成された端面であり、前記コアを導光された光を90°方向に出射することを特徴とする請求項8記載の光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項10】 前記光導波路型SPR現象計測チップの光導波路のコア中に45°方向に光を反射するグレーティングを設け、前記グレーティングに前記光導波路のコアの伸長方向から90°の方向より光を入射し、前記コアに光を導光させることを特徴とする請求項1から7記載の光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項11】 前記コア中に45°方向に光を反射するグレーティングを設け、前記グレーティングにより前記光導波路のコアの伸長方向から90°の方向に光を出射することを特徴とする請求項10記載の光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項12】 前記光源とSPR現象計測チップと光計測器は同一基板上に設けられていることを特徴とする請求項1から3記載のいずれかの光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項13】 前記光ファイバと光導波路型SPR現象計測チップのコアは光ファイバ固定ブロックにより光学接続されていることを特徴とする請求項2記載の光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項14】 前記光ファイバ固定ブロックは、前記光ファイバと光学接続されたベア光ファイバと、ガイドピンを挿入するための穴を備えていることを特徴とする請求項13記載の光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項15】 前記光導波路型SPR現象計測チップは、前記光ファイバ固定ブロックの穴に対応する位置に穴を備え、前記両穴にガイドピンを挿入することにより、前記ベア光ファイバと前記光導波路型SPR現象計測チップの光導波路のコアは、相互に光学的に接続されることを特徴とする請求項14記載の光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項16】 光源が広波長光源、波長可変光源、単色光光源のいずれかであり、光計測器が分光器、光量計測器のいずれかである請求項1から15に記載のいずれ

(3)

特開2002-162346

3

かの光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項17】 光計測器は演算処理装置に接続され、データの表示、蓄積、加工が可能であることを特徴とする請求項1から16記載のいずれかの光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項18】 光計測器にて測定される光が、前記金属薄膜へp偏光光で入射する光成分であることを特徴とする請求項1から17記載のいずれかの光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項19】 前記光導波路型SPR現象計測チップと、光源および光計測器は容易に分離することができ、前記光導波路型SPR現象計測チップは繰り返し着脱が可能であることを特徴とする請求項1から18に記載のいずれかの光導波路型SPR現象測定装置。

【請求項20】 前記光導波路型SPR現象計測チップの金属薄膜上に試料を導入、排出することのできるフローセルが形成されているもしくはフローセルが着脱可能であることを特徴とする請求項1から19記載のいずれかの光導波路型SPR現象測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光導波路型SPR現象測定装置、さらに詳細には光学系を用いて金属薄膜上の屈折率を測定することにより、特定物質の定置・定性を行うことができる光導波路型SPR現象測定装置に関するものである。すなわち導波路作製技術を用いて光を計測表面に導光できる計測チップを使用した光導波路型SPR現象測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来化学プロセス計測、環境計測や臨床検査等で呈色反応や免疫反応を利用した測定が行われている。しかしこの測定方法では被測定物をサンプル抽出する必要があるほか、煩雑な操作や標識物質を必要とするなどの問題があり、標識物質を必要とすることなく、高感度で被測定物中の化学物質の定性・定量測定の可能なセンサとして光励起表面プラズモン共鳴現象を利用したセンサが提案・実用化されている。以下表面プラズモン共鳴(Surface Plasmon Resonance)をSPRと略して用いる。

【0003】 SPR現象測定装置は図16に示すように、光源1から発した光をp偏光光のみを通す偏光板2を道しレンズ3である入射角範囲を持たせて高屈折率プリズム4に入射させ、被測定物6に接したセンサ膜を有した金属薄膜5を照射し、金属薄膜からの反射光の強度変化を、プリズム4を通して光電子検出器7で検出するシステムが一般的である。

【0004】 光源1から発した光は、プリズムと金属の界面でエバネッセント波となり、その波数は次式により求められる。

【0005】  $k_{\parallel} = k_0 n_s \sin \theta$

4

ここで、 $k_0$ は入射光の波数、 $n_s$ はプリズムの屈折率、 $\theta$ は入射角である。

【0006】 一方、金属薄膜表面では、表面プラズモン波が生じ、その波数は次式により求められる。

【0007】

$k_{\parallel} = (C/\omega) \cdot \sqrt{(\epsilon n^2 / (\epsilon + n^2))}$

ここで、 $C$ は光速、 $\omega$ は角振動数、 $\epsilon$ は金属薄膜の誘電率、 $n$ は被測定物の屈折率である。

【0008】 この、エバネッセント波と表面プラズモン波の波数が一致する入射角 $\theta$ もしくは入射光の波数の時、エバネッセント波は表面プラズモンの励起に使われ、反射光として観測される光量が減少する。

【0009】 図16では、光源1から放射された光はレンズ3を通して常に一定の入射角度範囲を持った光を入射できるようになっており、さらに広範囲の入射角の光を入射できるように、光源1と光電子検出器7は一定の反射角を保ちながら駆動できるタイプが多い(図16矢印参照)。

【0010】 もしくは、図17に示すように入射光の角度は一定とし、入射光の波数が可変であるタイプ、あるいは反射光を分光できるタイプもある。図17において符号は、図16と同じ部材を示す。

【0011】 SPR現象はプリズム、金属薄膜に接した被測定物の屈折率に依存するために、例えば試料(被測定物)を水として、図16のような構成のSPR測定装置で測定した場合、図18に示すようにある一定の角度で極小を持つ曲線として検出することができ、被測定物の濃度変化による屈折率変化等を測定するはかりか、金属薄膜上に抗体などを固定化することにより、抗原と結合した抗体の屈折率変化を測定することにより、特定物質の定置を行うことができる。

【0012】 近年、SPR現象測定装置は小型化へ多チャンネル化の要求が高まってきている。しかし、図16のような機器構成では装置が大きくなってしまいうる欠点があり、また、金属薄膜上に何らかのセンサ膜を形成し、測定する使用法がほとんどであるために、計測部分おもに金属薄膜の交換は容易であった方が望ましい。ピアコア(Biacore)社からファイバ型のSPR現象測定装置(製品名Biacore Probe)、テキサスインスツルメント(Texas Instrument)社からエポキシ樹脂中に光源、光電子検出器、偏光板、金属薄膜を配した小型のSPR現象測定装置(製品名Spreeta)が販売されている。また、その他様々な小型SPR現象測定装置が提案されている。

【0013】 しかし、ファイバ型のものはその端面に計測のための金属薄膜を形成しているものが多く、加工が困難で、ファイバ1本につき一つの計測表面しか持つことができない。また、端面の反射光を取り出すためのスプリッターやカブラなどの光部品が必要となる。

5

【0014】エポキシ樹脂などにすべての光学系を配したタイプのものは、すべての光学部品を精度よく配置しなければならず、しかも、金属薄膜の交換の利便性を失っている。さらに光源や受光部分がエポキシ中に組み込まれているため、センシング部分を交換する際にすべての部分を交換する必要があり、コストが高くなる欠点があった。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような現状を鑑みてなされたものであり、その目的は、汎用性・生産性の高い光導波路作製技術を用いて、小型で交換の便利なSPR現象計測チップを提供し、このSPR現象計測チップに光源、光計測器を簡便な方法により接続したSPR現象測定装置を提供することである。さらに、光源、光計測部分とセンシング部分を繰り返し容易可能な構造にし、より低価格のSPR現象測定装置を実現するものである。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明によるSPR現象測定装置は、コアと前記コアの周囲に設けられたクラッドとを備え、前記コアは前記クラッドより高い屈折率を有し、前記コアに入射した光を閉じ込めて伝播する光導波路と、前記コアに少なくとも一部が直接接触し、かつ表面プラズモン共鳴現象を起こす金属薄膜とを有し、前記コアを伝播する光を計測することによって表面プラズモン共鳴現象を測定される試料が接触するように設けられる前記金属薄膜とを備えた光導波路型SPR現象計測チップと、光を入射するための光源と、出射された光を計測するための光計測器と、前記光源と前記光導波路型SPR現象計測チップの光導波路と前記光計測器とを光学接続するための光学接続手段を有することを特徴とする。

【0017】本発明の特徴は、SPR現象計測チップに光導波路を用い、光源、検出器と簡便な光学系で結合させた点にある。光導波路作製技術を用いれば、導波路コアを一つのチップ上に多数作製したり、途中で分岐したり、回折格子を設けたりと様々な機能を付与させることができ、それらのSPR現象計測チップを安価で多量に作製することが可能である。

【0018】また、様々な光導波路への光の入出力の方法により、光源、光計測器との接続が容易になる。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明によるSPR現象測定装置の原理は図17の形式の応用であり、プリズムの代わりに光導波路を使用し、スペクトルを計測するものである。

【0020】本発明のSPR測定装置のセンシング部分である光導波路を用いたSPR現象計測チップの概略図を図1aに示す。光導波路は直線の導波路のコア9と、前記コア9の周りに、前記コア9よりも屈折率の低いクラッド8及びオーバークラッド10を設けた構造になっ

(4)

特開2002-162346

6

ている。

【0021】コア9の一部には金属薄膜5が直接に接する形で形成されており、この部分が計測表面となる。入射光11はコア9に入射され、計測表面上の試料（被測定物質）6とSPR現象が生じ、出射光12として出射される。出射された光の光量変化や、スペクトル変化を計測することにより、SPR現象を観察することができる。

【0022】図1bに示すように、計測表面上に試料を流すことのできるフローセルを取り付けることも可能であるが、そのフローセルを光導波路の作製技術を用いて作製することもできる。すなわちオーバークラッド10の形状を試料が計測表面に流れることのできる形状にした流路Fを形成し、その上に天板Pを貼り付け、試料の出入口となる試料を流すための配管であるキャピラリーC等を取り付ければSPR現象を計測するためのチップとフローセルを一体化することができる。なお、図1bで天板Pはわかりやすいように透明に記載してあるが、透明でなくともよい。

【0023】図2のように多数のコア9を形成することもできる。それぞれのコア上に形成してある金属薄膜5上に、それぞれ、ある特定の物質A、B、Cに反応して金属薄膜5上の屈折率を変化させるセンサ膜をそれぞれ固定化すれば、試料中に物質Aが含まれている場合、そのセンサ膜を固定化した光導波路のSPR現象に変化が生じる。このように複数の特定物質の検出を行うことができるマルチチャンネルセンサとして使用することが可能である。図2に示すSPR現象計測チップでは、11a、11b、11cと示すように、それぞれに光を入射し、出射光12a、12b、12cをそれぞれ測定する。

【0024】図1のようなSPR現象計測チップを作製する場合、図3(a)のようにクラッド8にダイシングソー等の切削手段、マスクを通したエッチング等の手段、サンドブラスター等の手段によってコアを形成するための溝13を作製し、その溝にコア9を形成し（図3(b)）、その上に金属薄膜5を形成する（図3(c)）。金属薄膜5はコア9の少なくとも一部に形成していればよく、クラッド8全体に形成してもよい。

【0025】この段階でもSPR現象の計測は行えるが、試料を流すための窪みをオーバークラッド10で作製してもよい（図3(d)）。図3(d)におけるオーバークラッド10は光感応性高分子を用い、マスクを通して必要部分に紫外線を照射し硬化させることによって作製可能である。

【0026】また、図4に示すように、クラッド8の上に、コア9を形成する（図4(a)）。コア9の形成する方法は、前述の光感応性樹脂とマスクを使用する方法やマスクを通したエッチングの方法などが考えられる。その後、コア9と同じ高さまでクラッド8を形成する

(5)

特開2002-162346

7

8

(図4(b))。その後、金属薄膜5を形成し(図4(c))、試料を露出するための窪みを作製する。

【0027】さらに、図5のように、平滑な基板14の上に1 $\mu$ m程度のクロム(鍍層)15を形成し(図5(a))、その上にコア9を形成する(図5(b))。その上に、クラッド8を形成し(図5(c))。鍍層のクロム15を溶かして基板14を剥離する(図5(d))。その上にオーバークラッド10を計測領域を除いて形成し、その上に金属薄膜5を形成することによっても作製できる。

【0028】光導波路のコアの形状は、マスクのパターンを変えることによって様々に変えることが可能である。

【0029】以上の方法により作製されたSPR現象計測チップは、何らかの方法で光源・光計測器と接続することにより、SPR現象の測定が可能となる。

【0030】光源からの光計測器までの光の伝播媒体として、光ファイバを使用した場合、光通信の分野で一般的に使われていた手法を応用することができる。

【0031】図6に示すように、本発明による一具体例によれば、光コネクタ接続タイプの光源21および光計測器22を備えており、光源21は光コネクタ20を介して加工した光ファイバ19に接続し、この光ファイバ19は光ファイバブロック18を介して、SPR現象計測チップ16に接続している。このSPR現象計測チップ16は同様に光ファイバブロック18を介して光ファイバ19に接続しており、この光ファイバ19はコネクタ20を介して光計測器22に接続した構成になっている。光計測器22はコンピュータ23などの演算処理装置に接続され、データの表示、蓄積、加工が可能である。

【0032】前記光ファイバブロック18はSPR現象計測チップ16とUV硬化樹脂で接着固定されている。光ファイバブロックは、光通信の分野で光導波路とファイバの接続に一般的に使用されている。光ファイバブロックは、ガラスなどのブロックに光ファイバが固定できるようにV溝が形成されており、その上から押さえのブロックを乗せてUV硬化樹脂で固定してあるものである。光ファイバブロックの端面と、接着するSPR現象計測チップの光導波路の端面を光学研磨した後、UV硬化樹脂で接着固定することにより、光ファイバを接続したSPR現象計測チップを作製することができる。

【0033】また、図7のように、光ファイバとSPR現象計測チップの接着・固定をせずに、SPR現象計測チップのみの交換を可能とした装置も考えられる。これは、光ファイバとSPR現象計測チップのコアの位置調節に一般的に使用されるシステムである。光源21、光計測器22と接続された光ファイバ19は光ファイバ固定治具24で固定され、その光ファイバ固定治具24は6軸(x, y, z,  $\theta$ x,  $\theta$ y,  $\theta$ z)の移動ステージ

25の上に固定されている。すなわち光ファイバ固定治具24は前記移動ステージ25によって、3次元のx, y, z軸とそれぞれの軸について回転方向に移動できる6軸移動可能である。SPR現象計測チップ28は光導波路固定治具27によって固定されている。光導波路固定治具27はポンプによる吸引口が開いており、SPR現象計測チップを吸引固定する。光導波路固定治具27はx軸を移動可能な移動ステージ26に固定されており、x軸を移動可能になっている。このため光を入射、出射する両方の光ファイバ19とSPR現象計測チップ28の光導波路は容易に光軸を一致させることができる。

【0034】以上のような構成の装置により、光ファイバからSPR現象計測チップへの光の入射、SPR現象計測チップから光ファイバへの出射光の導入における光軸調整を、光ファイバ固定治具24の移動ステージ25を動かすことによって効率的に行うことができる。

【0035】また、コアを複数本設けたSPR現象計測チップ28であっても、1本のコアの光軸調整を行い、コア間の距離がわかっているならば、SPR現象計測チップの固定治具27のx軸移動ステージ26をコア9間距離だけ動かすことによって簡単に複数本のコアの計測を行うことができる。

【0036】材料として高分子有機材料を用いたSPR現象計測チップ16では、光導波路を45°に切断すると、その端面で光が90°反射をする。この性質を利用して、図8a及び図8bのような装置を作製することも可能である。光源21から光が発せられ45°に切断された光導波路の光を入射する端面で90°反射して、コア9に入射される。計測表面17にてSPR現象の影響を受けた光は、45°に切断された光導波路の光を出射する端面で90°反射して、光計測器22へ向かう。

【0037】端面を45°に加工した光導波路は、ダイシングソーのブレードが45°で細くなっている形状のものを選択し、切断することにより容易に作製することができる。

【0038】光源21と光計測器22はSPR現象計測チップ16の台座29に固定されているが、光ファイバなどを介して、接続しても良い。光導波路は光源21、光計測器22と光軸が合うように設計され、さらに、台座29に設置したときにずれないようにガイド30を設けたほうが良い。

【0039】通信用光導波路技術では、導波路上に直接、受発光素子を固定する技術が確立されているが、その技術を応用することが可能である。図9に示すように、SPR現象計測チップ16と同じ基板上に、光源21、光計測器22を設置するためのステージを予め設けておき、SPR現象計測チップ16の光導波路のコア9に光源21の入射光11が導光できるように、また、コア9からの出射光12を光計測器22で受光できるよう

(6)

特開2002-162346

9

10

に、光源21、光計測器22の位置を調節し、固定する。この技術により、SPR測定装置が非常に小さく、ワンチップとすることができる。

【0040】また、図10に示すように、SPR現象計測チップ16の光導波路中に光を90°に反射するグレーティング31を形成することによって、光の入出力をすることも可能である。光源21から発した光は台座29に固定された光ファイバ19に導入され、光導波路のグレーティング31に照射される。グレーティングによって反射した光は、コア9内を伝播し、SPR現象を引き起こす。SPR現象の影響を受けた光は、再び、グレーティング31によって90°反射し、光ファイバ19内を伝播し、光計測器22によって測定することができる。

【0041】前述した、光ファイバブロック18とSPR現象計測チップの接続を、コネクタのように、容易に着脱できるようにすることも考えられ得る。図11aのように、光ファイバ固定用のブロック34にガイドピン用の溝33（（a）参照）を作製し、貼り合わせるブロック34にも溝33を作製し、両者を貼り合わせることによって、ガイドピン用の穴35のついた光ファイバブロック18を作製する（（b）参照）。この部分にはMTコネクタを使用しても良い。なお図において、32はベア光ファイバである。

【0042】一方、図11bに示すように、SPR現象計測チップ16の方にも、光ファイバブロック（MTコネクタ）18のベア光ファイバ32のコア位置に合うように、SPR現象計測チップ16にガイドピン用の穴35を設けておき、図11（c）のように、ガイドピン36を介して両者を接続することが可能である。光ファイバ19を光源21、および光計測器22に接続すれば、SPR現象が測定が可能で、そのシステムは図6と同じである。また、測定後にSPR現象計測チップのみを容易に交換することが可能である。

【0043】また、計測領域を多数持つ光ファイバの測定において、図12a、図12bのような装置を提案する。

【0044】円板状の基板37上に、半径方向に放射状コア9を形成した光導波路を設け、その一部に金属薄膜5を形成した円板状のSPR現象計測チップ16を設けた。円板状のSPR現象計測チップ16の中心には45°の角度で逆すり鉢状の円板状の皿穴38を彫る。すると、光源21から光が前記逆すり鉢状の皿穴38の裾野に入射され、45°の傾斜のついた裾野部分で光が90°反射し、半径方向に伝播するコア9内を伝播し、金属薄膜5でのSPR現象の影響を受けた光が、円形基板37の外周から出射され、光計測器22で測定することができる。さらに、円形の基板37の台を回転駆動が付いた回転台39にすることにより、複数のコアの連続測定が可能である。

【0045】多チャンネル測定の方法としては、図13の方法も考えられる。光源21からの光は光ファイバ19を介して、スイッチ光導波路40に入射され、スイッチ部分43で適当にスイッチングされ、SPR現象計測チップ41の目的の光導波路のコア9のみに入射されるようになっている。SPR現象計測チップ41でSPR現象の影響を受けた光は、分岐光導波路42に入射され、一本のコアへと集光される。集光された光は、光ファイバ19を介して光計測器22へと接続されている。

【0046】この装置により、多チャンネルの測定を、一対の光源、光計測器で行うことができる。スイッチング部分は熱光学スイッチや物理的な光学スイッチなどが考えられる。また、スイッチ光導波路を光計測器側に配した装置や、光源側、光計測器側両方ともスイッチ光導波路をする方法も考えられる。

【0047】測定に際し、光源、光計測器の組み合わせにはいろいろ考えられる。光源21が白色光源の場合、光計測器22は分光器が適当で、SPR現象を波長スペクトルで計測することができ、試料に起因する屈折率の変化をそのスペクトル変化で検知することができる。光源21が波長可変光源である場合は、光計測器は波長可変光源の発する波長の光の光量を計測できるものであれば良く、SPR現象を波長スペクトルで検知することができる。

【0048】さらに、光源として適当な単色光光源を使用した場合、光計測器としてその単色光の光量を測定できる受光器などで良く、試料に起因する屈折率の変化を、光量の変化として検知することができる。このシステムの場合、光源および受光器を素子タイプのものを選択することによって、装置を非常に小型化できる点にある。

【0049】効果的にSPR現象を起こさせるためには、p偏光光を入射する必要があり、次の3つの方法が考えられる。（1）図6における光ファイバ19を偏波保持ファイバとする方法。（2）光導波路途中に溝を切り、その溝に偏光板を固定する方法。（3）図4の光導波路の入射端に偏光板を貼り付ける方法。（4）光ファイバの途中に偏光フィルターを挿入する方法などが挙げられる。

【0050】なお、SPR現象計測チップの表面プラズモン共鳴現象を起こす金属薄膜としては、従来この種のSPR現象計測装置に使用される金属薄膜を有効に使用できる。この金属薄膜は、好ましくは40～52nmであるのがよい。この範囲を外れると、表面プラズモン共鳴現象を反射光を使って検出するのが困難になると言う欠点を生じるからである。

【0051】

【実施例】以下、本発明を実施例によりさらに具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されない。

50 【0052】



(7)

特開2002-162346

11

【実施例1】エポキシの基板上にクロムを1 $\mu$ m程度スパッタ法により形成した。その上にUV硬化性高分子コーティングを塗布し、マスクを通したUV光で必要部分のみを硬化した。未硬化部分は溶剤で除去した。

【0053】作製したコアの断面形状は62.5 $\mu$ m $\times$ 62.5 $\mu$ mとし、コアを4本作製し、コア間距離は2.5mmとした。その上に、熱硬化性高分子クラッド材を塗布し加熱硬化させ、100 $\mu$ m形成した。その上に、接着剤で別のエポキシ基板を接着した。その基板をクロム溶解液に入れ、クロム層を溶解し、最初のエポキシ基板を剥離した。すると、平滑な導波路コアが現れた。

【0054】その上にUV硬化性高分子クラッド材を塗布し、マスクを用いて、コアの一部（SPR現象計測用金属薄膜形成部分）を除いてクラッドを硬化させ、未硬化部分は溶剤で除去し、その光導波路の入射端、出射端には端面研磨、光ファイバ接続用のガラスブロックを接着し、端面研磨を行った後、チタンを50Å、金を450Å、スパッタ法により形成し、図2のような光導波路型SPR計測チップを作製した。

【0055】また、別工程で、V溝を形成したガラスブロックに光ファイバを配置し、上から別のガラスブロックで押し付けてUV硬化性樹脂で接着した後、その端面を研磨し、光ファイバブロックを作製した。光ファイバの片端には光コネクタを作製した。以上のようにして作製した、光導波路型SPR計測チップと光ファイバブロックを、通信用光導波路と光ファイバブロックの接続で使用される、光軸合わせ装置で、光軸を合わせ、UV硬化性樹脂で接着した。

【0056】そして、光ファイバは一方を白色光源に、もう一方を分光器へ接続し、光導波路型SPR現象測定装置とした。その構成は図6のようになっている。その測定結果を図14、図15に示す。図14は空気と水の違いを示したものであり、水を金属薄膜上に滴下することによって、SPR現象が生じ、結果、吸収としてスペクトルが得られた。また、図15には、試料を水（aで示す）、1wt%KCl（bで示す）、10wt%KCl溶液（cで示す）として測定を行った結果を示す。各溶液の屈折率の違いからスペクトルに変化が現れていることがわかり、SPR現象測定に十分な性能を発揮していることがわかる。

【0057】

【実施例2】実施例1の方法では、光導波路を交換するためには、光ファイバ、光コネクタ、光ファイバブロックも必然的に交換しなければならないが、SPR現象計測チップのみを交換できる構成を考える必要がある。

【0058】実施例1と同じ工程で光導波路型SPR現象計測チップを作製した。図7は光ファイバ固定治具24、移動ステージ25、26、SPR現象計測チップの固定治具27がセットで光学装置に設置されている。光

12

源21からの光はSPR現象計測チップ28を通過し、効率的に光計測器22で受光されるように、光計測器の受光データはフィードバックされ移動ステージ25を自動で動かし、最適な位置を探るシステムとなっている。

【0059】以上のようなシステムで、SPR現象計測チップの固定治具27にSPR現象計測チップを固定し、はじめの1本の導波路のコア9を光軸合わせを行い、計測した後、移動ステージ26を2.5mm動かし、自動的に次の導波路のコアの測定をすることが可能である。

【0060】また、作製するSPR現象計測チップの寸法を常に同じにしておけば、SPR現象計測チップを取り替えた場合にも、光軸合わせを行うことなく即座に測定を行うこともできる。その場合には、光ファイバ固定治具と、SPR現象計測チップの固定治具の位置を固定しておくことで、移動ステージ26のみで装置を構成することが可能である。

【0061】

【実施例3】実施例1と同じ手順で光導波路を作製した後、その両端を45°の角度で切断できるブレードで切断し、図8a中で示される光導波路型SPR現象計測チップを作製した。このSPR現象計測チップの光導波路は、その45°に加工した端面に光導波路平面に垂直方向から光を入射すると、その端面で光が90°反射し、導波路のコア内を伝播し、再び45°に加工した端面で光が90°に反射し光導波路平面と垂直方向に出射されることを確認した。

【0062】そこで、図8a、図8bに示すように、光導波路の45°加工した端面の垂直方向に白色LED、と分光器を設置する。白色光源はコリメートレンズを使用し、導波路コアに効率的に光を導入でき、出射光もコリメートレンズを介して分光器に光を入射している。

【0063】さらに、SPR現象計測チップを交換しても、常に同じ位置に設置でき、光軸がずれないように、ガイド30を設けることができる。この装置により、SPR現象によるスペクトルを測定でき、かつ、SPR現象計測チップは容易に交換することが可能である。

【0064】

【実施例4】実施例1と同じ手順でSPR現象計測チップを作製した。ただし、導波路のコア作製時に、光を90°に反射させるグレーティングを2ヶ所形成し、図10中に示されるSPR現象計測チップを作製した。その結果、光導波路中のグレーティング31部分に光を入射すると、コア9内を光が伝播し、もう1ヶ所のグレーティング31から光が出射されることを確認した。

【0065】そこで、図10に示すように、グレーティングの導波路平面に垂直方向にファイバ19を2本固定した台座29を作製し、その上に、SPR現象計測チップを所定位置に固定するためのガイド30を形成する。2本の光ファイバは波長可変光源と光量測定器に光コネ

13

クタで接続した。

【0066】この装置により、SPR現象による影響を受けた光導波路の透過光を測定することが可能である。かつ、SPR現象計測チップは容易に交換することが可能である。

【0067】

【実施例5】実施例1と同じ方法でSPR現象計測チップを作製した後、適切な高さの基板に発光素子21、受光素子22を取り付け、その基板をSPR現象計測チップに、光軸を合わせながら接着する。作製した図9中に示すようなSPR現象計測チップをパッケージングし、ICチップと同じような形状にする。

【0068】以上のようにして作製すると、SPR測定装置は非常に小型化できる。

【0069】

【実施例6】図13のように、スイッチを設けた多チャンネル測定のできる装置も実現可能である。白色光源21から出た光は光ファイバ19を伝送し、熱光学8チャンネルのスイッチ導波路40に入射される。スイッチ導波路40部分ではコンピュータ23による制御でスイッチングされ、目的のSPR現象計測チップ41の導波路のコア9に光を入射される。SPR計測用の光導波路のコアから出た光は、y分岐導波路42によって一本に集光され、光ファイバ19を介して、分光器22へ接続されている。

【0070】スイッチ導波路40とSPR現象計測チップ41とy分岐導波路42は、これまで記述してきた方法で接続可能である。

【0071】

【発明の効果】以上説明したように本発明によるSPR現象測定装置によれば、光導波路のコアを一つのSPR現象計測チップ上に多数作製したり、途中で分岐したり、回折格子を設けたりと様々な機能を持たせることができる光導波路型SPR現象計測チップを用い、光源、検出器と簡便な光学系で結合させるため、種々の種類のSPR現象測定装置を提供できる。また、光導波路作製技術によって、多くの種類のSPR現象計測チップを安価に、かつ多量に作製することが可能であるとともに、光源、光計測器との接続が容易であるため、前記SPR現象計測チップ、光源、光計測器を容易に交換可能であるという利点もある。

【図面の簡単な説明】

【図1a】本発明による光導波路型SPR現象計測チップの概略図。

【図1b】複路を設けたSPR現象計測チップの斜視図。

【図2】多チャンネル型光導波路型SPR現象計測チップの概略図。

【図3】光導波路型SPR現象計測チップの製造方法の説明図。

(8)

特開2002-162346

14

【図4】光導波路型SPR現象計測チップの製造方法の説明図。

【図5】光導波路型SPR現象計測チップの製造方法の説明図。

【図6】光ファイバで接続したSPR現象測定装置の概略図。

【図7】光結合器を使用したSPR現象測定装置の概略図。

【図8a】45°ミラーを利用したSPR現象測定装置の概略図。

【図8b】45°ミラーを利用したSPR現象測定装置の概略図。

【図9】受発光素子をSPR現象測定チップに配置したSPR現象測定装置の概略図。

【図10】グレーティングを利用したSPR現象測定装置の概略図。

【図11a】ガイドピン穴のついた光ファイバブロックの概略図。

【図11b】ガイドピン穴のついたSPR現象計測チップの概略図。

【図11c】ガイドピンを利用した光ファイバブロックとSPR現象計測チップの接続の概略図。

【図12a】円形SPR現象計測チップと回転台を利用したSPR現象計測装置の概略図。

【図12b】円形SPR現象計測チップと回転台を利用したSPR現象計測装置の概略図。

【図13】スイッチを利用したSPR現象測定装置の概略図。

【図14】図6の構成の装置で空気と水を測定した結果を示す図。

【図15】図6の構成の装置で様々な試料を測定した結果を示す図。

【図16】従来の入射角計測タイプにおけるSPR現象測定装置の概略図。

【図17】従来のスペクトル計測タイプにおけるSPR現象測定装置の概略図。

【図18】図16でSPR現象を計測した結果を示す図。

【符号の説明】

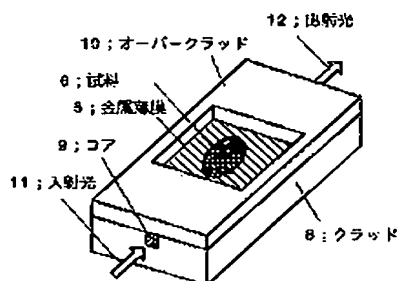
- |    |          |
|----|----------|
| 1  | 光源       |
| 2  | 偏光板・偏光子  |
| 3  | レンズ      |
| 4  | 高屈折率プリズム |
| 5  | 金属薄膜     |
| 6  | 試料(被測定物) |
| 7  | 光電子検出器   |
| 8  | クラッド     |
| 9  | 導波路コア    |
| 10 | オーバークラッド |
| 11 | 入射光      |

(9)

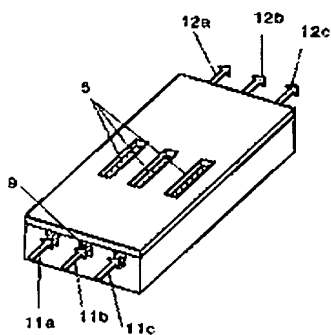
特開2002-162346

- 15
- 12 出射光
  - 13 コアを形成するための液
  - 14 基板
  - 15 金属膜（犠牲層）
  - 16 SPR現象計測チップ
  - 17 計測表面
  - 18 光ファイバブロック
  - 19 光ファイバ
  - 20 光コネクタ
  - 21 光源
  - 22 光計測器
  - 23 コンピュータ（演算装置）
  - 24 光ファイバ固定治具
  - 25 移動ステージ
  - 26 移動ステージ
  - 27 固定治具

【図1a】

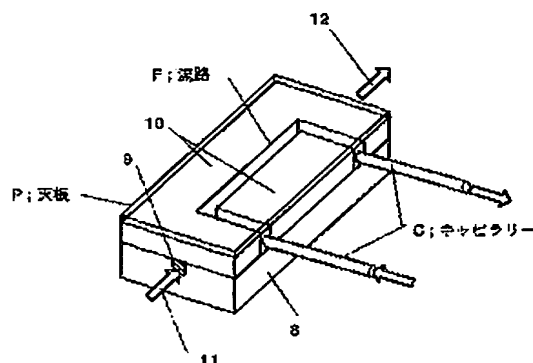


【図2】

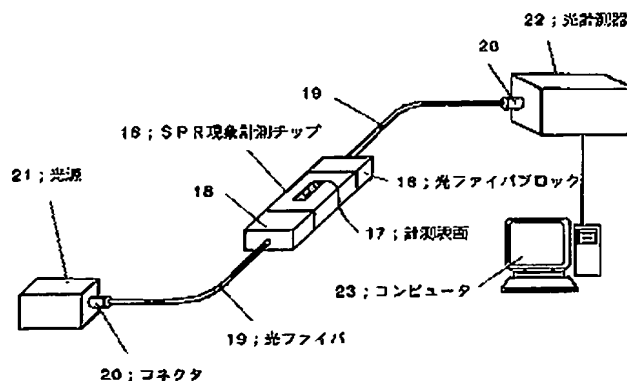


- 16
- \* 28 SPR現象計測チップ
  - 29 台座
  - 30 ガイド
  - 31 グレーティング
  - 32 ペア光ファイバ
  - 33 ガイドピン用溝
  - 34 ブロック
  - 35 穴
  - 36 ガイドピン
  - 10 37 円板状の基板
  - 38 逆すり鉢状皿穴
  - 39 回転台
  - 40 スイッチ導波路
  - 41 SPR現象計測チップ
  - 42 Y分岐導波路
  - \* 43 スイッチ部分

【図1b】



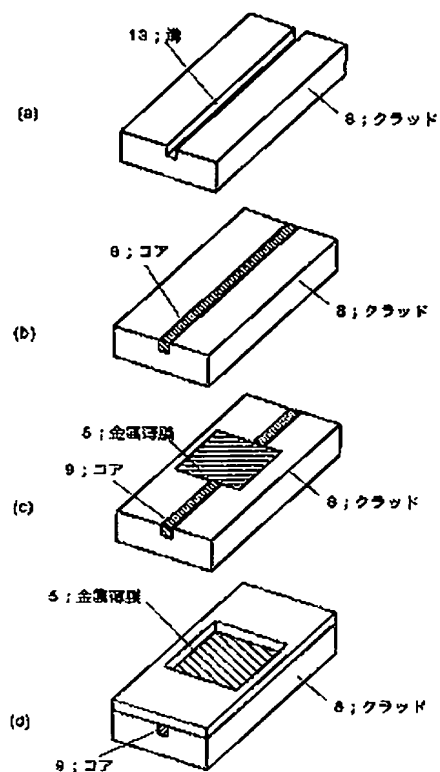
【図6】



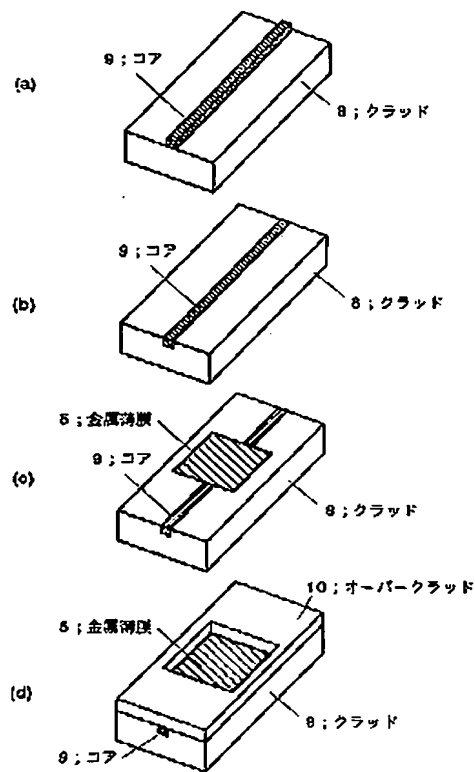
(10)

特開2002-162346

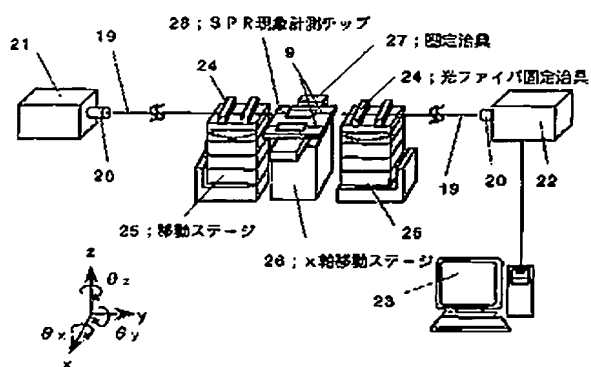
【図3】



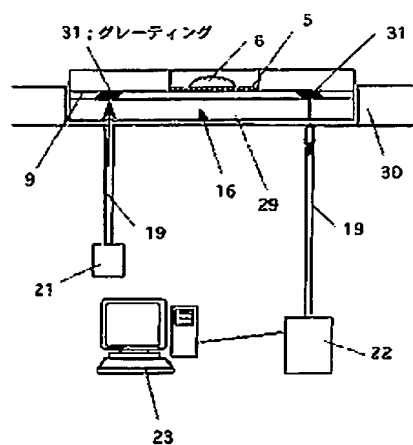
【図4】



【図7】



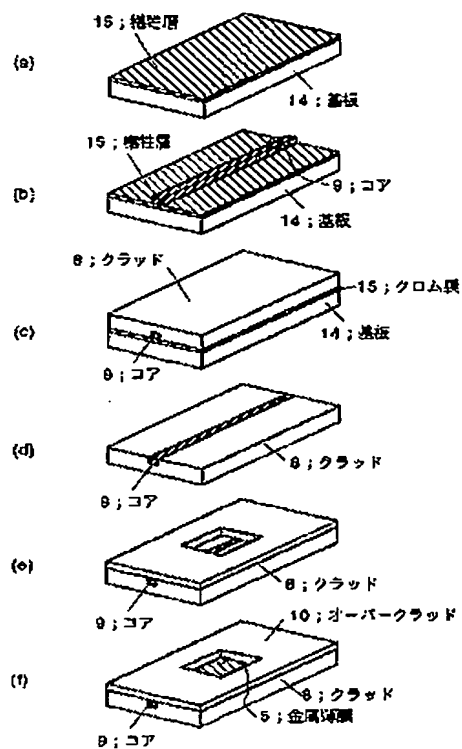
【図10】



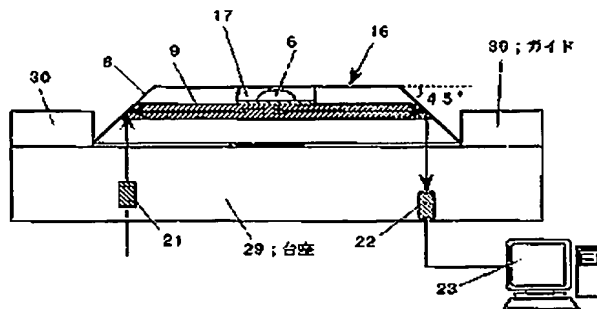
(11)

特開2002-162346

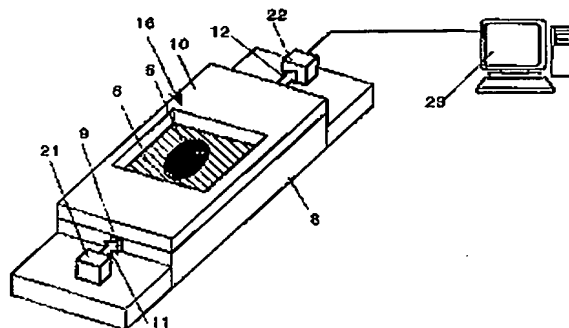
【図5】



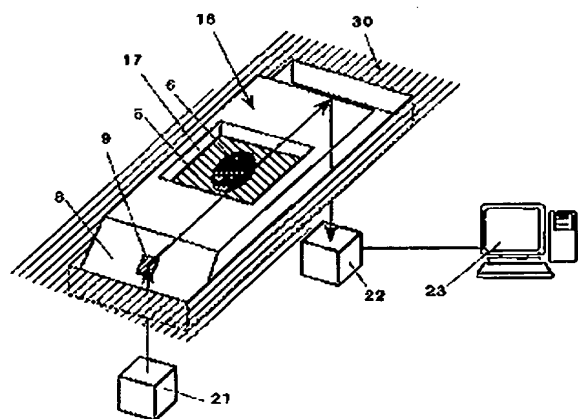
【図8a】



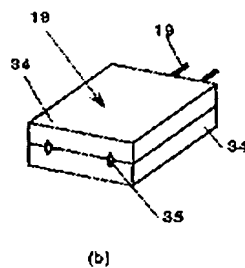
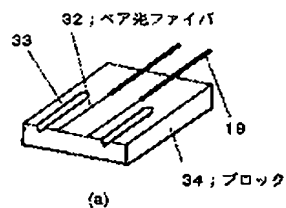
【図9】



【図8b】



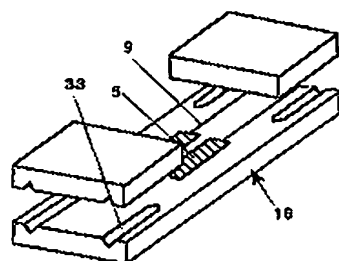
【図11a】



(12)

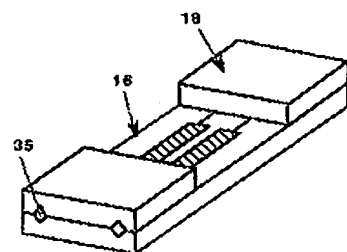
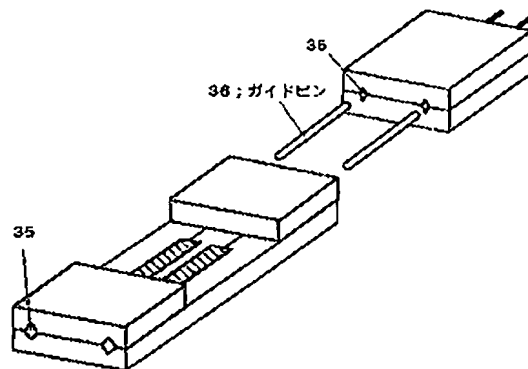
特開2002-162346

【図11b】



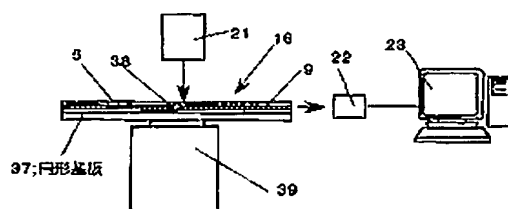
(a)

【図11c】

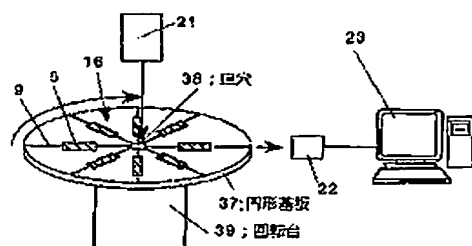


(b)

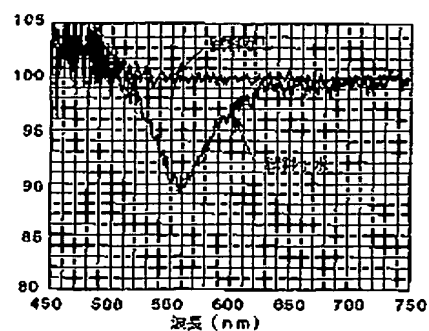
【図12b】



【図12a】



【図14】



【図13】

